

Concepciones sobre nutrición vegetal y relaciones tróficas en función del bagaje educativo: implicaciones para el futuro profesorado

Misconceptions on plant nutrition and trophic relationships according to the educational background: consequences for pre-service teachers

DOI: 10.7203/DCES.37.13285

Lidia Caño

Universidad del País Vasco (UPV/EHU), lidia.cano@ehu.eus

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-3456-861X>

RESUMEN: Este estudio tiene como objetivos determinar el patrón de preconcepciones sobre ecología de futuros/as maestros/as en función de su perfil de formación y evaluar si ese patrón varía en comparación con el del alumnado recién ingresado en un Grado científico. Para ello se realizó un cuestionario a 273 estudiantes universitarios en un Grado de Educación y en uno científico. En todos los perfiles estudiados se mantuvieron ideas preconcebidas. En el caso del alumnado recién ingresado, aunque no se detectó influencia del tipo de bachillerato cursado, la comprensión de algunos conceptos ecológicos fue más profunda en el alumnado del Grado científico. Sin embargo, la formación recibida durante el Grado de Educación contribuyó a mejorar la comprensión de dichos conceptos por parte del futuro profesorado.

PALABRAS CLAVE: preconcepciones, ecología, bachillerato, Grado científico, futuro profesorado.

ABSTRACT: This research aims to determine the pattern of misconceptions about ecological concepts of pre-service teachers according to their educational background and to assess whether this pattern differs from that of students newly enrolled in a scientific Bachelor's Degree. For this purpose, a questionnaire was administrated to 273 students pursuing a degree, either in Education or Science. Ecological misconceptions were detected across all students' education profiles. Concerning newly enrolled students, no influence of the kind of upper high education pursued was found but students pursuing a scientific Bachelor's Degree showed a deeper understanding of some ecological concepts. However, instruction received during the Bachelor's Degree in Education did contribute to improving the understanding of such concepts.

KEYWORDS: misconceptions, ecology, upper secondary education, scientific Bachelor's Degree, pre-service teachers.

Fecha de recepción: noviembre de 2018

Fecha de aceptación: febrero de 2019

1. INTRODUCCIÓN

La calidad de las prácticas docentes del profesorado depende en gran medida de la formación recibida. A pesar de que hoy en día son diversos los aspectos que debe conocer un/a buen/a profesor/a de ciencias, tales como las estrategias de enseñanza o la naturaleza de la ciencia (Gil-Pérez, 1991; Abd-El-Khalic, 2013), el conocimiento de los contenidos científicos resulta imprescindible para una enseñanza efectiva (Shulman, 1986). Los/as maestros/as de primaria deberían tener un conocimiento profundo y estructurado de los contenidos científicos con el fin de poder acceder a ellos de manera versátil (Gess-Newsome, 1999). Sin embargo, el profesorado en formación a menudo tiene un conocimiento limitado que puede estar compartimentado y organizado pobremente, lo que dificulta el acceso al mismo a la hora de enseñar (Brown y Schwartz, 2009; Cakiroglu y Boone, 2002; Akçay, 2017). La adquisición de una organizada concepción científica requiere la adecuada integración de los nuevos conocimientos en esquemas pre-existentes. Por el contrario, la co-existencia de concepciones científicas y concepciones alternativas puede conllevar un perfil de conocimiento fragmentado. Las concepciones o ideas alternativas son explicaciones que se desarrollan para interpretar el mundo y los fenómenos que suceden en él y que a menudo se encuentran alejadas del modelo científico. Dichas ideas han sido denominadas también ideas previas, concepciones erróneas, errores conceptuales, etc. Sin embargo, en la medida en que dichas ideas son utilizadas por el alumnado para interpretar la realidad y dotarla de significado basándose en observaciones y experiencias propias, se puede considerar más adecuado considerarlas como concepciones alternativas en lugar de como concepciones erróneas.

En el contexto educativo actual la enseñanza de conocimientos y contenidos debe perseguir una alfabetización científica integrada, es decir, debe orientarse a fomentar la capacidad de emplear los mismos para extraer conclusiones basadas en hechos y facilitar “la toma de decisiones sobre el mundo natural y sobre los cambios que ha producido en él la actividad humana” (Rychen y Salganik, 2006). Uno de los mayores retos a los que se enfrenta la sociedad actual es el de tomar decisiones adecuadas para ofrecer soluciones a los graves problemas ambientales derivados de la explotación del espacio y los recursos naturales, tales como el cambio climático y la pérdida de biodiversidad. La alfabetización en ecología de la futura ciudadanía en la escuela puede así facilitar la toma de decisiones razonada ante los retos ambientales, ya que permite a las personas entender la conexión entre ellas mismas y los procesos ecológicos. Los procesos ecológicos como la producción primaria, el ciclo de nutrientes y las actividades relacionadas con la generación de nichos ecológicos regulan el flujo de materia y energía a través del medio ambiente. Sin embargo la comprensión de dichos procesos ecológicos a menudo resulta compleja tanto para los/as estudiantes como para la ciudadanía en general. Debido a dicha complejidad cabe esperar que los patrones de conocimiento fragmentado sean frecuentes en la disciplina de la ecología.

Este estudio tiene como objetivo determinar cómo varía el patrón de las concepciones alternativas de estudiantes del Grado de Educación Primaria sobre la nutrición vegetal y las relaciones tróficas en función de la formación recibida y en comparación con estudiantes de un Grado científico. Se ha elegido este concepto científico ya que su comprensión establece una sólida base para interpretar críticamente la importancia de algunos de los problemas ecológicos más importantes. Así, comprender el papel de los vegetales en la producción de oxígeno y en la fijación de carbono permite valorar adecuadamente las consecuencias por ejemplo de la contaminación de las masas de agua (efecto sobre el fitoplancton), de la deforestación y desertificación. Igualmente la comprensión de la función de cada especie en la red trófica contribuiría al mejor entendimiento de las consecuencias del problema de la extinción de las especies y la pérdida actual de biodiversidad.

A pesar de que se recibe instrucción sobre conceptos científicos relacionados con la ecología durante la educación básica obligatoria (Real Decreto 126/2014 y Real Decreto 1105/2014), diversos estudios demuestran que las ideas alternativas sobre la fotosíntesis y las redes tróficas están presentes tanto en el alumnado como en el profesorado (Astudillo-Pombo y Gene, 1984;

Griffiths y Grant, 1985; Anderson et al., 1990; Webb y Bolt, 1990; Leeds National Curriculum Science Support Project, 1992; Leach et al., 1996; Driver et al., 1999; Cakiroglu y Boone, 2002; Ozay y Oztas, 2003; Charrier et al., 2006; Brown y Schwartz, 2009; Jordan et al., 2009; Lin y Hu, 2010; Ashlie et al., 2012; Özata y Özkan, 2015; Thorn et al., 2016; Akçay, 2017; Allen, 2010, 2017; AAAS Project 2061). Por otro lado, podría pensarse que la modalidad de Bachillerato cursado influiría sobre el grado de persistencia de dichas ideas alternativas en la medida en que el alumnado que ha cursado la modalidad de Ciencias ha tenido la oportunidad de profundizar en sus conocimientos científicos (Real Decreto 1105/2014). Mientras que haber cursado la modalidad de Ciencias es requisito indispensable para el ingreso en Grados científicos, las estadísticas indican que la mayoría de los estudiantes de los Grados de Educación han cursado el Bachillerato de Humanidades y Ciencias Sociales. Es por ello que podrían existir diferencias en las ideas científicas del alumnado del Grado de Educación Primaria en función del tipo de bachillerato cursado. Sin embargo, debido a que durante el 1er curso de dicho Grado se imparten conocimientos fundamentales de Biología, las posibles deficiencias de conocimiento científico determinadas por el bachillerato cursado deberían compensarse o mejorar al finalizar y aprobar dicho curso. Por otro lado, si la realización del bachillerato científico es determinante para el grado de conocimiento del alumnado universitario recién ingresado, entonces cabría esperar un patrón de conocimiento similar en el alumnado que cursó bachillerato científico independientemente del Grado que empiece a realizar (el Grado de Educación o un Grado de carácter científico).

En ese sentido, este estudio plantea las siguientes preguntas:

- 1- ¿El grado de co-existencia de concepciones científicas y alternativas sobre la nutrición vegetal y las redes tróficas en futuros/as maestros/as varía en función del tipo de bachillerato cursado (científico vs no científico)? ¿y en función de la instrucción recibida durante el Grado universitario en Educación Primaria?
2. ¿El grado de co-existencia de concepciones científicas y alternativas difiere entre el alumnado de un Grado en Educación y de un Grado científico?

1.1. Concepciones científicas sobre la nutrición de las plantas y las relaciones tróficas

La función de nutrición del ser vivo consiste en intercambiar materia y energía con el medio en que vive y en transformarlas para satisfacer las necesidades de las células. Las células necesitan nutrientes y oxígeno para realizar la respiración celular y obtener energía. Los nutrientes orgánicos e inorgánicos que necesitan las células para vivir son proporcionadas por la absorción y la fotosíntesis en las plantas y por la digestión en los animales. En la fotosíntesis las sustancias inorgánicas que se transforman son el dióxido de carbono y las sales minerales. El dióxido de carbono se obtiene a través de los estomas que están situados principalmente en las hojas pero también en otros órganos, y las sales minerales y el agua se absorben a través de las raíces. Puesto que las plantas verdes y otros seres llamados autótrofos pueden así fabricar los nutrientes orgánicos que necesitan a partir de los nutrientes inorgánicos que captan del medio se denominan productores. Los animales, los hongos y en general los seres vivos llamados heterótrofos no pueden fabricar los nutrientes orgánicos que necesitan por lo que los obtienen directamente de los tejidos de los cuerpos de otros seres vivos. Como para ello deben ingerir y digerir otros seres vivos, se les denomina consumidores.

Por otro lado, el oxígeno necesario para la respiración celular se obtiene a partir del proceso denominado respiración tanto en plantas como en animales. Las plantas obtienen el oxígeno a través de los estomas que se encuentran principalmente en las hojas. Como resultado de la respiración celular en las células se generan desechos como agua y dióxido de carbono. Las plantas eliminan al medio el dióxido de carbono a través de los estomas, y los animales lo hacen a través del sistema respiratorio. Finalmente, los seres vivos denominados descomponedores, tras utilizar la materia

orgánica que necesitan, generan desechos inorgánicos que vuelven al medio y quedan así disponibles de nuevo para los productores.

De este modo los organismos dependen unos de otros para poder sobrevivir ya que existe una interdependencia con fines nutritivos (entre otros). Por lo tanto, se produce una transferencia de sustancias nutritivas a través de los diferentes niveles tróficos mencionados: productores, consumidores y descomponedores. Dicha transferencia de materia y energía entre niveles constituye una cadena trófica en que cada especie se alimenta del nivel trófico precedente y es alimento del siguiente. Como en la naturaleza rara vez una especie consume o es consumida por una sola especie, debemos considerar el concepto de red trófica que constituye la interconexión entre las diferentes cadenas tróficas.

1.2. Concepciones alternativas sobre la nutrición vegetal

Algunas de las concepciones alternativas más comunes son las siguientes:

Las plantas toman su alimento del suelo (Charrier et al., 2006, Brown. y Schwartz, 2009, Allen, 2010): se trata de una idea que resulta más intuitiva para la mayoría de individuos de todas las edades que el hecho de que se pueda producir un crecimiento, y por tanto aumento de peso, a expensas de la incorporación de materia a partir de un gas. Así, existe otra idea muy común asociada a la anterior que consiste en considerar que en la nutrición de las plantas intervienen sólo las raíces y no las hojas.

Las plantas no respiran o bien respiran de noche y fotosintetizan de día (Driver et al. 1999, Charrier et al., 2006). En general existe una tendencia a confundir las funciones del dióxido de carbono y del oxígeno en relación a la fotosíntesis y a la respiración. Ello induce a diversas preconcepciones entre las que se pueden citar las siguientes (Charrier et al., 2006): el dióxido de carbono que eliminamos es el que entró en la inspiración; el oxígeno siempre entra y el dióxido de carbono siempre sale; las plantas absorben dióxido de carbono y eliminan oxígeno, etc. De esta última idea frecuentemente se tiende a deducir asimismo que la respiración de los animales es distinta que la de los vegetales (Ozay y Oztas, 2003).

No se tienen en cuenta las transformaciones de energía solar en energía química ni la elaboración de hidratos de carbono durante el proceso (Ozay y Oztas, 2003; Charrier et al., 2006). Si la fotosíntesis se concibe como un mero intercambio de gases no se puede desarrollar una correcta concepción de la alimentación autotrófica.

1.3. Concepciones alternativas sobre las redes tróficas

Las ideas de alimentación y energía no siempre se integran adecuadamente dentro de una perspectiva ecológica (Driver et al., 1999). La habilidad de identificar el efecto que tiene un cambio en una población en el resto de las poblaciones es una de las competencias fundamentales para comprender las redes tróficas (AAAS Project 2061). Sin embargo, diversos estudios muestran que existen ideas entre los/as estudiantes que denotan diferentes niveles de profundidad en la comprensión de dichas redes tróficas. A continuación se especifican algunas de esas concepciones erróneas o incompletas.

La variación del número de organismos en un nivel trófico no afecta a otros niveles (AAAS Project 2061; Allen, 2010). Los/as estudiantes que mantienen esta concepción no comprenderán inmediatamente, por ejemplo que, si disminuye el número de individuos de una especie de herbívoro, también disminuirá el número del carnívoro del siguiente nivel trófico, ya que supone una limitación en los recursos alimenticios disponibles.

Si se altera el número de individuos de una población sólo habrá consecuencias en las poblaciones de los organismos de niveles tróficos superiores, pero no en los inferiores (Griffiths y Grant, 1985, Webb y Bolt, 1990; Leach et al., 1996). En este caso aunque sí se acepta que existe un

efecto sobre otros organismos, la idea de interconexión entre poblaciones tiene únicamente un carácter unidireccional.

Si se altera el número de individuos de una población sólo habrá consecuencias en las poblaciones de los organismos directamente conectadas con ella y no en aquellas que se encuentren uno o más niveles por encima o debajo de ella (Griffiths y Grant, 1985; Webb y Bolt, 1990). Al obviarse el hecho de que un cambio en un nivel trófico afecta a todos los niveles tróficos de la cadena, se considerará erróneamente, por ejemplo, que un cambio en la población de productores afectará a la población de una especie de herbívoros pero no a la población de un carnívoro.

Si una población es alterada no habrá consecuencias en las cadenas tróficas no conectadas directamente a dicha población (Webb y Bolt, 1990; Driver et al., 1999). Aunque se demuestra una comprensión de la cadena trófica a un nivel más profundo que en la concepción anterior, aún se dejan fuera de consideración otras relaciones de tipo más complejo. En el ejemplo anterior, no se asociaría la disminución de la población de un herbívoro con el efecto que podría causar en otra segunda especie de herbívoro considerada competidor del primero ni los subsiguientes efectos en las poblaciones del productor consumido por ambos. En esta concepción se tiene en cuenta el concepto de cadena trófica pero no el de red trófica (Griffiths and Grant, 1985; Munson, 1994).

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Para llevar a cabo el objetivo del estudio se elaboró un cuestionario que fue cumplimentado por 273 estudiantes del Grado de Educación Primaria y un Grado científico (Grado de Farmacia) de la Universidad del País Vasco (UPV/EHU).

2.1. Participantes

Para responder a las preguntas planteadas por este estudio se definieron 4 perfiles diferentes de participantes (A, B, C y D) en función de su formación:

- Perfil A: alumnado recién ingresado en el Grado de Educación Primaria que no había cursado bachillerato científico.
- Perfil B: alumnado recién ingresado en el Grado de Educación Primaria que sí había cursado bachillerato científico.
- Perfil C: alumnado de 3^{er} curso del Grado de Educación Primaria.
- Perfil D: alumnado recién ingresado en el Grado de Farmacia (todos/as habían cursado bachillerato científico).

Los tamaños muestrales de cada perfil se muestran en la tabla 1.

TABLA 1. Número de participantes en función de sus diferentes perfiles de formación.

| | <i>Grado de Educación Primaria (1er curso)</i> | <i>Grado de Educación Primaria (3er curso)</i> | <i>Grado científico (1er curso)</i> | |
|---------------------------------------|--|--|---|------------|
| <i>Bachillerato científico NO</i> | 83 (A) | 91 (C) | - | |
| <i>Bachillerato científico SÍ</i> | 47 (B) | | 52 (D) | |
| Total | 130 | 91 | 52 | 273 |

Todas las sesiones de recogida de datos correspondientes al primer curso se realizaron antes de impartir las asignaturas en las que se tratan los temas de la fotosíntesis y las relaciones tróficas. En el Grado de Educación Primaria los contenidos sobre biología se imparten en 1er curso por lo que se considera que el alumnado de 3^{er} curso (que en su mayoría tiene aprobado el 1^{er} curso) ha

recibido instrucción científica en biología durante el Grado. En el 1^{er} curso del Grado de Educación Primaria en la asignatura de Ciencias Naturales en el Aula de Educación Primaria I se trabajaron explícitamente ambos temas.

2.2. Obtención de datos

El instrumento elegido para la recogida de datos fue un cuestionario de cuatro ítems de respuesta de opción múltiple (tabla 2). Las preguntas de respuesta de opción múltiple son el método más extendido para la valoración y evaluación de estudiantes en todos los niveles (AAAS, 2061). Un adecuado diseño de este tipo de preguntas permite evaluar más allá de la capacidad de recordar hechos memorizados o contenidos simples y valorar así una habilidad más profunda por parte de los/as estudiantes de explicar o predecir fenómenos o analizar las razones para realizar una afirmación científica u otra. Por ello, el diseño de las preguntas y respuestas se realizó atendiendo al siguiente criterio:

- Una de las opciones de respuesta corresponde a la concepción científica.
- Cada una de las restantes opciones de respuesta corresponden respectivamente a diferentes concepciones alternativas ampliamente documentadas en la literatura.
- Las tres opciones de repuesta correspondientes a concepciones alternativas muestran diferentes niveles de profundidad en la comprensión del concepto por el que se interroga (v. apartado anterior).

Los cuatro ítems del cuestionario interrogan sobre las siguientes concepciones científicas cuyos fundamentos han sido explicados en el apartado anterior:

- Concepto 1: Las plantas respiran y hacen la fotosíntesis.
- Concepto 2: En la nutrición de las plantas intervienen las hojas y las raíces.
- Concepto 3: Los vegetales son la principal fuente de oxígeno y la base de todas las redes tróficas.
- Concepto 4: La necesidad de nutrición de todos los organismos conforman cadenas tróficas interconectadas que forman redes tróficas.

Los ítems del cuestionario tal y como fueron presentados al alumnado así como la codificación e interpretación de las diferentes opciones de respuesta aparecen descritas en la tabla 2.

El reclutamiento de estudiantes lo realizó el profesorado de los Grados correspondientes al final de la clase solicitando su participación en un estudio. Se proporcionó información sobre el objetivo del estudio e información relativa al equipo de investigación, explicando que la participación implicaba la utilización de unos minutos de su tiempo, insistiendo en que la participación era totalmente voluntaria y anónima y que los datos serían procesados de manera grupal y no individual. El cuestionario se realizó en las aulas después de la clase mediante la aplicación informática Kahoot! (2012). Se indicó a los/as estudiantes que en el nombre de usuario demandado por la aplicación informática indicaran si habían cursado o no bachillerato científico. En las instrucciones para la elección de las respuestas además se indicó que, aunque consideraran varias afirmaciones como correctas, eligieran solo aquella que les pareciera más correcta, completa e integradora.

2.3. Análisis de datos

Las respuestas al test de opción múltiple se codificaron e interpretaron conforme a lo especificado en la tabla 2. Para evaluar el patrón de coexistencia de las diferentes concepciones en función del perfil del participante se calcularon las proporciones de estudiantes que eligieron cada opción en cada pregunta por perfil de participante (sin tener en cuenta las respuestas NS/NC).

TABLA 2. Preguntas del cuestionario e interpretación de las respuestas

| | Cuestionario | Codificación | Interpretación |
|---|---|---|---|
| 1 | <p>¿Con qué afirmación estás más de acuerdo?</p> <p>a) Las plantas obtienen CO₂ del aire</p> <p>b) Las plantas obtienen oxígeno del aire</p> <p>c) Las plantas obtienen oxígeno y CO₂ del aire</p> <p>d) Las plantas y los animales obtienen oxígeno y CO₂ del aire</p> <p>e) NS/CN</p> | <p>a=C2</p> <p>b=C3</p> <p>c=CC</p> <p>d=C1</p> | <p>C1=No hacen distinción funciones vegetales y animales.</p> <p>C2=No consideran respiración en plantas.</p> <p>C3=No consideran fotosíntesis en plantas.</p> <p>CC= Concepción científica. Las plantas respiran y hacen la fotosíntesis.</p> |
| 2 | <p>En la nutrición de las plantas intervienen:</p> <p>a) Las hojas</p> <p>b) Las raíces y las hojas</p> <p>c) Las raíces, las hojas y las flores</p> <p>d) Las raíces</p> <p>e) NS/NC</p> | <p>a=C1</p> <p>b=CC</p> <p>c=C3</p> <p>d=C2</p> | <p>C1= No reconocen la función de las raíces.</p> <p>C2= No reconocen la función de las hojas.</p> <p>C3= Muestran confusión: mencionan también flores.</p> <p>CC= Concepción científica. En la nutrición de las plantas intervienen las hojas y las raíces.</p> |
| 3 | <p>¿Los animales podrían vivir en un mundo sin plantas? Elige la afirmación más correcta:</p> <p>a) Los herbívoros no pero los carnívoros sí</p> <p>b) No, ningún animal, porque no podrían alimentarse ni respirar</p> <p>c) No, ningún animal, porque no podrían respirar</p> <p>d) No, ningún animal, porque no podrían alimentarse</p> <p>e) NS/NC</p> | <p>a=C1</p> <p>b=CC</p> <p>c=C3</p> <p>d=C2</p> | <p>C1=No reconocen los vegetales como fuente de oxígeno y base de red trófica.</p> <p>C2=No reconocen los vegetales como fuente de oxígeno.</p> <p>C3=No reconocen los vegetales como base de las redes tróficas.</p> <p>CC= Concepción científica. Los vegetales son la principal fuente de oxígeno y la base de todas las redes tróficas.</p> |
| 4 | <p>Observa el siguiente esquema</p> <p>¿Qué ocurriría si se redujese el número de zorros?</p> <p>a) Aumentaría el n° de conejos y disminuiría la cantidad d hierba</p> <p>b) Entre otras cosas, aumentaría el número de halcones</p> <p>c) No tiene por qué afectar a otras especies</p> <p>d) Únicamente aumentaría el número de conejos</p> <p>e) NS/NC</p> | <p>a=C3</p> <p>b=CC</p> <p>c=C1</p> <p>d=C2</p> | <p>C1=No reconocen el concepto de cadena trófica.</p> <p>C2= Reconocen solo el concepto de nivel trófico.</p> <p>C3= reconocen solo el concepto de cadena trófica.</p> <p>CC= Concepción científica. La necesidad de nutrición de todos los organismos conforma cadenas tróficas interconectadas que forman redes tróficas.</p> |

Fuente: elaboración propia

Se realizaron comparaciones estadísticas por parejas de perfiles de interés mediante un test Chi cuadrado:

- Efecto del bachillerato científico en futuros/as maestros recién ingresados: perfil A vs B.
- Efecto de la instrucción universitaria en futuros/as maestros/as: Perfil A+B vs C.
- Efecto de la elección de Grado en universitarios/as recién ingresados/as: perfil B vs D.

Para cada pregunta y perfil de estudio se calculó igualmente la proporción de alumnos/as que eligió la concepción científica, la que eligió cualquiera de las otras 3 opciones y la que no contestó (NS/NC), y se comparó mediante un test Chi cuadrado dichas proporciones para cada pareja de perfil de estudio mencionada anteriormente.

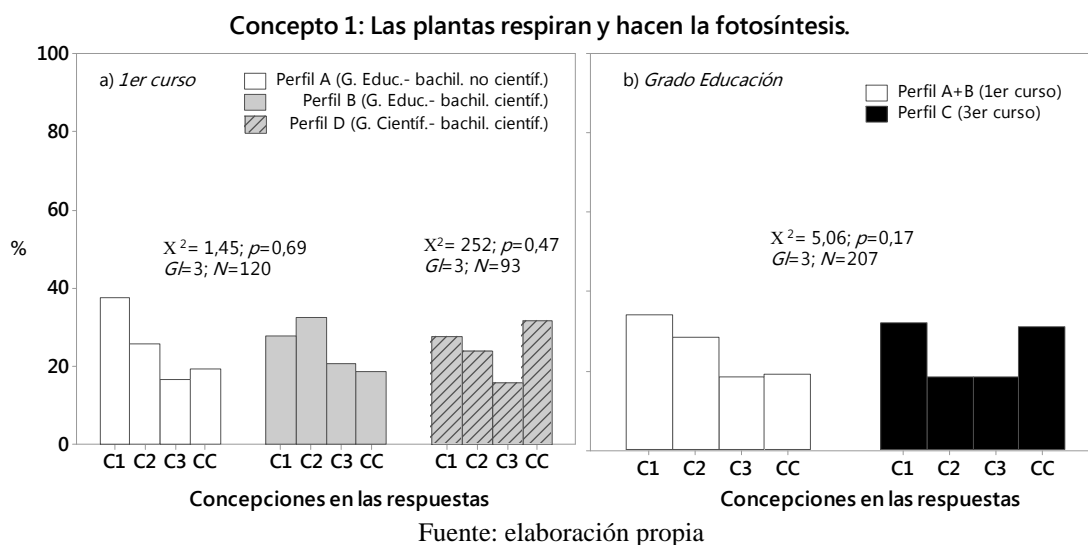
Por último, se consideró el porcentaje de aciertos (elección de la concepción científica) a lo largo del conjunto del test para cada perfil de estudio y se realizaron comparaciones estadísticas por parejas de perfiles de interés mediante un t test pareado.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Concepto 1: Las plantas respiran y hacen la fotosíntesis

En todos los grupos de estudio se mantienen diversas concepciones alternativas acerca de los conceptos de fotosíntesis y respiración y no hay diferencias significativas en el patrón de respuesta (Gráfico 1, tabla 3). La mayoría de los estudiantes (51%-64% según perfiles) o bien omitió el papel del oxígeno (C2; 18-33%) o bien indicó que también los animales toman dióxido de carbono y expulsan oxígeno (C1; 28-38%). Esto indica que la mayoría de estudiantes o bien no hace correctamente la distinción entre funciones animales y vegetales o bien obvia que las plantas también respiran e incorporan O_2 a su metabolismo. Este resultado indica por tanto que la instrucción recibida durante la educación obligatoria no ha conseguido superar los errores conceptuales acerca de la fotosíntesis y la respiración vegetal y animal, tal y como ha sido demostrado por otros estudios (Anderson et al., 1990, Ozay y Oztas, 2003, Lin y Hu, 2010). Parece lógico pensar por tanto que la idea de que los vegetales son la principal fuente de oxígeno en la Tierra (concepto 3) no será de obvio entendimiento para los individuos que mantengan este tipo de ideas previas.

GRÁFICO 1. Patrón de distribución de las diferentes concepciones de los/as estudiantes sobre el concepto 1.



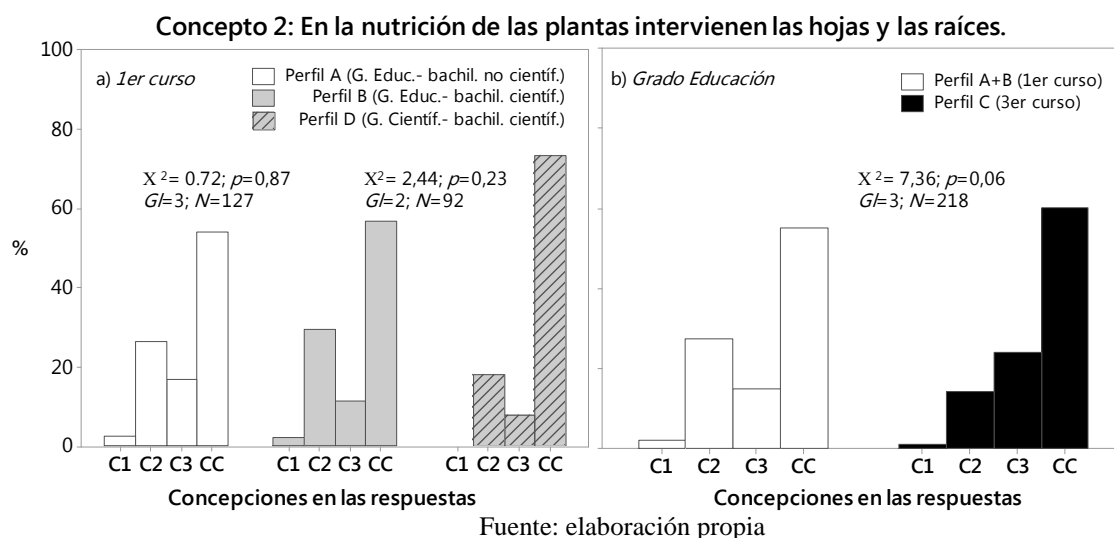
En el caso del alumnado de primer curso, sólo un pequeño porcentaje de futuros/as maestros/as (17,69%) eligió la concepción científica y no se encontraron diferencias en función del tipo de bachillerato cursado (Gráfico 1a, tabla 3). Aunque el patrón general de respuesta no difiere significativamente entre el 1^{er} y 3^{er} curso del Grado de Educación (Gráfico 1b), el porcentaje de alumnos de 3^{er} curso que eligió la concepción científica (29,67%) sí fue significativamente mayor ($X^2=4,39$; $p=0,04$, $G=1$) que el del 1^{er} curso (tabla 3), lo que indica que la formación durante este Grado fue más efectiva a la hora de entender este concepto que la formación recibida en el bachillerato científico.

Aunque no hubo diferencias estadísticamente significativas entre el alumnado recién ingresado en ambos Grados que había cursado bachillerato científico (Gráfico 1a), el porcentaje del alumnado del Grado de Farmacia que eligió la concepción científica (30,77%) tendió a ser mayor que el del alumnado del Grado de Educación (tabla 3).

3.2. Concepto 2: En la nutrición de las plantas intervienen las hojas y las raíces

El patrón de distribución de las diferentes concepciones no difirió significativamente entre perfiles de formación (Gráfico 2). Más de la mitad de los/as estudiantes eligió la concepción científica (CC, 53-69% según perfiles) por lo que la mayoría de estudiantes reconoció el papel de las hojas y de las raíces en la nutrición de las plantas independientemente de su perfil de formación (Gráfico 2, tabla 3). Aunque no se encontraron diferencias significativas en el Grado de Educación Primaria en función del bachillerato cursado (Gráfico 2a, tabla 3), el porcentaje de estudiantes que eligió la concepción científica de nuevo fue mayor (aunque no significativamente) en el caso del Grado de Farmacia (69,23%) que en el caso de estudiantes del Grado de Educación Primaria que cursaron bachillerato científico (53,19%) (tabla 3). Además un 27% del alumnado de 1^{ero} del Grado de Educación Primaria obvió la función de las hojas (tabla 2, C2) independientemente del bachillerato cursado (Gráfico 2a). Este hecho sugiere que más de un cuarto del futuro profesorado no tiene en cuenta la incorporación del CO₂ y el O₂ a través de las hojas como elementos imprescindibles de la nutrición vegetal, con lo que mantuvo la idea alternativa típico que consiste en pensar que únicamente la absorción a través de las raíces del agua y las sales minerales participan en el proceso de nutrición de las plantas. Cabe destacar que al comparar los resultados del 1^{er} curso con los del 3^{er} curso se observa en este último que el número de estudiantes que mantuvo esta idea (C2) tendió a ser menor que en el 1^{er} curso, si bien la diferencia en el patrón de respuesta sólo resultó ser marginalmente significativa (Gráfico 2b).

GRÁFICO 2. Patrón de distribución de las diferentes concepciones de los/as estudiantes sobre el concepto 2.



Otros estudios también han demostrado que esta idea alternativa se mantiene en el futuro profesorado (Astudillo-Pombo y Gene, 1984; Cakiroglu y Boone, 2002). En cualquier caso, los individuos que obvian la función de la fotosíntesis en términos de incorporación de materia o de la transformación de la materia inorgánica en orgánica, difícilmente podrán deducir que los organismos vegetales constituirán la base de todas las redes tróficas (Lin y Hu, 2010) tal y como se enuncia en el siguiente concepto científico (concepto 3).

3.3. Concepto 3: Los vegetales son la principal fuente de oxígeno y la base de todas las redes tróficas

Aunque la mayoría de estudiantes reconoció el papel de las plantas como productoras de oxígeno (concepciones C3 + CC, Gráfico 3) casi la mitad del alumnado del 1^{er} curso del Grado de Educación Primaria (42,62%), con independencia del bachillerato cursado (efecto no significativo), obvió el papel de las plantas como base de la cadena trófica (concepciones C1 + C3, Gráfico 3). Sin embargo, este porcentaje fue significativamente menor en el alumnado de 3^{er} curso (27,69%, $X^2=4,96$; $p=0.03$, $GL=1$, Gráfico 3b). Además, el porcentaje de estudiantes que respondió la concepción científica fue significativamente mayor en el 3^{er} curso que en el 1^{er} curso (tabla 3). Ambos hechos explicarían que el patrón global de respuestas difiera significativamente entre el 1^{er} y 3^{er} curso del Grado de Educación (Gráfico 3b) y reflejaría que la comprensión de la importancia de las plantas como base trófica global mejora con la formación recibida durante el Grado de Educación.

Aunque se conoce que las ideas de alimentación y energía se integran con dificultad dentro de una perspectiva ecológica en el caso de los/as escolares (Driver et al., 1999), nuestros resultados demuestran que en el profesorado en formación también se mantienen importantes deficiencias en la comprensión de la funcionalidad de las relaciones tróficas. Ashlie et al. (2012) además demostraron que esta idea se mantiene con gran frecuencia en profesores en ejercicio con experiencias profesionales variables desde uno hasta 20 años. Otros estudios han demostrado deficiencias similares incluso en niveles académicos avanzados de licenciatura de biología. Por ejemplo, sólo la mitad de una muestra de alumnado de dicha licenciatura cuando fue preguntada acerca de las frases “la vida depende de las plantas verdes” y “la red de la vida” dio explicaciones en términos de cadenas trófica, de la cual sólo una minoría consideró la fotosíntesis como la razón por la que los vegetales son imprescindibles en las cadenas tróficas (Driver et al., 1999).

GRÁFICO 3. Patrón de distribución de las diferentes concepciones de los/as estudiantes sobre el concepto 3.

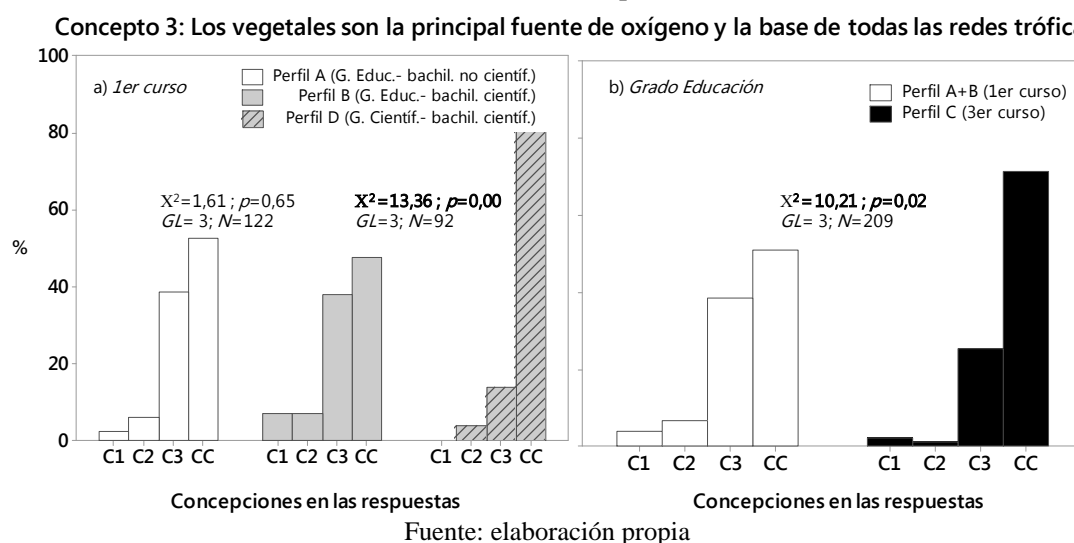


TABLA 3. Frecuencia (%) de las diferentes concepciones acerca de la nutrición vegetal y las relaciones tróficas de los cuatro perfiles de estudiantes universitarios estudiados (en negrita pares de perfiles que difirieron significativamente).

| | A | B | C | D | Dif.sig. |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|------------|
| 1- Las plantas respiran y hacen la fotosíntesis | | | | | |
| NS/NC | 7,23 | 8,51 | 4,40 | 3,85 | |
| Concepciones no científicas | 74,70 | 74,47 | 65,93 | 65,38 | |
| Concepción científica | 18,07 | 17,02 | 29,67 | 30,77 | (A+B) vs C |
| 2- En la nutrición de las plantas intervienen las hojas y las raíces | | | | | |
| NS/NC | 2,35 | 6,38 | 0,00 | 5,77 | |
| Concepciones no científicas | 44,71 | 40,43 | 39,56 | 25,00 | |
| Concepción científica | 52,94 | 53,19 | 60,44 | 69,23 | |
| 3- Los vegetales son la principal fuente de oxígeno y la base de todas las redes tróficas | | | | | |
| NS/NC | 3,61 | 10,64 | 4,40 | 3,85 | |
| Concepciones no científicas | 45,78 | 46,81 | 27,47 | 17,31 | B vs D |
| Concepción científica | 50,60 | 42,55 | 68,13 | 78,85 | (A+B) vs C |
| 4- La necesidad de nutrición de todos los organismos conforman cadenas tróficas interconectadas que forman redes tróficas | | | | | |
| NS/NC | 14,46 | 19,15 | 10,99 | 9,62 | |
| Concepciones no científicas | 73,49 | 78,72 | 65,93 | 78,85 | |
| Concepción científica | 12,05 | 2,13 | 14,03 | 11,54 | (A+B) vs C |

Fuente: elaboración propia

En este estudio sin embargo se aprecian importantes diferencias entre el alumnado del Grado de Educación y del Grado científico. En el Grado de Farmacia no sólo hubo un porcentaje significativamente menor de estudiantes que obvió el papel de las plantas como base de la cadena trófica (concepciones C1 + C3) que en el caso del Grado de Educación, 14,00% vs. 45,24% ($X^2=10,99$; $p=0.001$, $Gf=1$) sino que la proporción de alumnos/as que eligió la concepción científica fue casi el doble que en el caso del futuro profesorado (tabla 3, B vs D). Además, el patrón de concepciones del 1^{er} curso en general difirió en función del Grado elegido pero no en función del bachillerato cursado (Gráfico 3a). Este resultado refleja que, contrariamente a lo esperado, el alumnado del Grado científico tiene una comprensión más profunda de las funciones vegetales que el del Grado de Educación a pesar de que ambos grupos han recibido una formación similar durante el bachillerato y ninguna formación durante el Grado, ya que el alumnado participante era recién ingresado.

3.4. Concepto 4: La necesidad de nutrición de todos los organismos conforman cadenas tróficas interconectadas que forman redes tróficas

La mayoría de estudiantes (60-79% según perfiles) reconoció el concepto de cadena trófica (concepción C3 + CC, Gráfico 4) pero no más de un cuarto (2-23% según perfiles) de los/as

estudiantes en general consideró además el concepto de red trófica (concepción científica, CC). Aunque en 1^{er} curso no se observó un efecto significativo del bachillerato cursado o del tipo de Grado elegido en el patrón de respuestas (gráfico 4a) ni en la probabilidad de elegir la concepción científica (tabla 3), la comprensión del concepto de red trófica (concepción científica, CC) fue mayor en el 3^{er} curso que en el 1^{er} curso del Grado de Educación (gráfico 4b, tabla 3). Esto indica que la formación recibida en dicho Grado ha contribuido a la adquisición de un conocimiento más profundo de la realidad de las relaciones ecológicas complejas por parte del futuro profesorado.

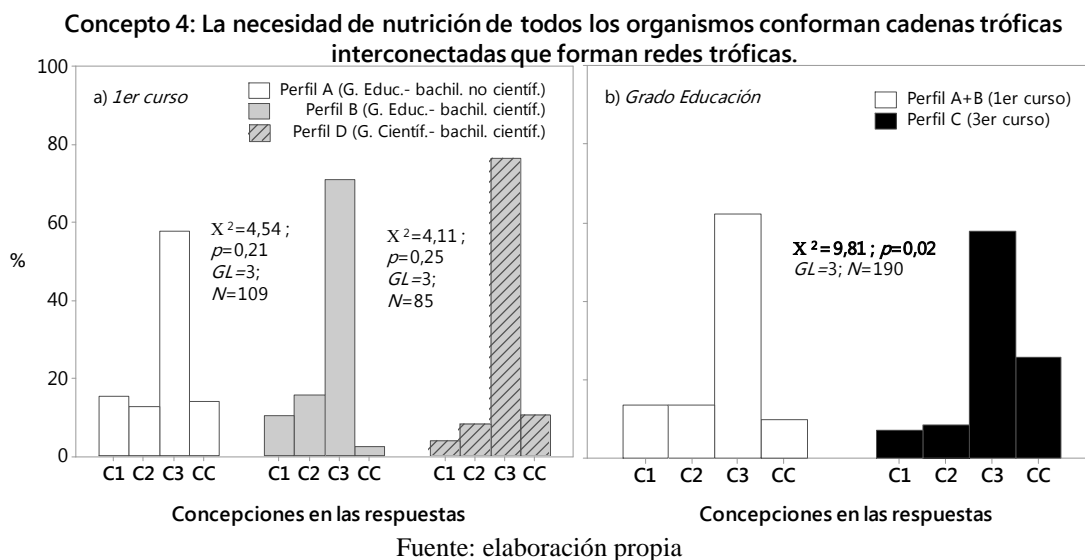
Los resultados muestran por tanto que la mayoría de estudiantes, independientemente de la formación recibida o el Grado elegido deja fuera de consideración las relaciones de tipo más complejo, como podrían ser las relaciones de competencia, que se establecen entre las diferentes cadenas tróficas.

Si una de las competencias necesarias para la comprensión de las redes tróficas es la capacidad de identificar las consecuencias de los cambios que se producen en un nivel trófico sobre el resto de los niveles (AAAS Project, 2061), entonces en el caso de la pregunta planteada (tabla 2) más de tres cuartos de los estudiantes no asociaría la disminución de la población de un carnívoro con el efecto que podría causar en otra segunda especie de carnívoro considerada competidor del primero ni los subsiguientes efectos en las poblaciones del productor consumido por ambos. Así, parece que el razonamiento predominante es el de que si una población es alterada no habrá consecuencias en las cadenas tróficas no conectadas directamente a dicha población. En este sentido, Webb y Boltt (1990) demostraron que no había diferencias significativas entre niños de 8 años, de 10 años y de primer año de universidad en las respuestas que dieron a determinadas preguntas destinadas a evaluar el nivel de comprensión del nivel de interrelación entre las diferentes cadenas tróficas. Además, otro estudio muestra que una gran proporción de estudiantes de 12-13 años pueden pensar en términos lineales respecto a las cadenas tróficas pero no reconocer ciclos de materia e interdependencia con otros organismos y sistemas (Driver et al., 1999).

Los resultados del presente estudio muestran además que un pequeño porcentaje del alumnado (8-13%) mostró una comprensión incompleta del concepto de cadena trófica al considerar los efectos del cambio de un nivel trófico únicamente en el nivel trófico siguiente y no el precedente (concepción C2, gráfico 4). Es frecuente que una parte de los/as estudiantes que predicen correctamente el efecto de los cambios en poblaciones de sistemas predador-presa a menudo olvidan considerar un efecto sobre los productores para los cuales predecirán el mantenimiento constante de sus poblaciones (Gallegos et al., 1994, Allen, 2010). En realidad los/as estudiantes que mantienen esta concepción (C2) parecen no entender con claridad que en el caso del productor primario del que se alimentaba el herbívoro, al no existir presión de herbivoría, sus poblaciones se desarrollarán más en número o en crecimiento per cápita.

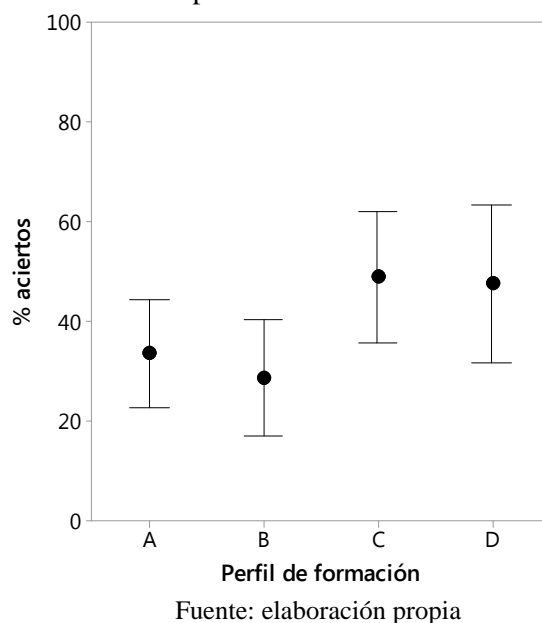
Además, un pequeño porcentaje del alumnado del Grado de Educación Primaria (11% en 1^{er} curso y 7% en 3^{er} curso) y aún más pequeño en el Grado de Farmacia (4%) pensó que la variación del número de organismos en un nivel trófico no afecta a otros niveles (concepción C1, gráfico 4). Alrededor de un 10% de estudiantes norteamericanos de 11 a 13 años implicados en el estudio del AAAS Project 2061 mantuvieron esta idea alternativa, la cual se mantenía hasta en un 8% en estudiantes de hasta 17 años. Por lo tanto, el presente estudio parece indicar que el porcentaje de individuos que mantiene esta idea preconcebida no tiene por qué seguir disminuyendo en niveles académicos superiores.

Por último, cabe destacar que un mayor número de estudiantes se abstuvo de dar una respuesta (opción NS/NC) en esta pregunta que en el resto de las preguntas (tabla 3) lo que puede indicar que existe una mayor inseguridad por parte del alumnado a la hora de abordar procesos complejos que implican una mayor noción de interconectividad (pregunta 4) que al abordar conceptos más concretos y limitados (preguntas 1 a 3).

GRÁFICO 4. Patrón de distribución de las diferentes concepciones de los/as estudiantes sobre el concepto 4.

3.5. Nivel general de desempeño

El porcentaje de alumnos/as que eligió la concepción científica a lo largo del cuestionario completo (nivel general de desempeño) fue significativamente mayor en 3° del Grado de Educación (perfil C) y en 1° del Grado científico (perfil D) que en 1° del Grado de Educación (perfil A y B) (gráfico 5, tabla 4). Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en el nivel de desempeño del alumnado de 1° de Educación Primaria en función del bachillerato cursado. Además, la proporción de estudiantes que eligió la concepción científica a lo largo del cuestionario no fue significativamente diferente entre el alumnado de 3° del Grado de Educación y 1° del Grado científico (tabla 4).

GRÁFICO 5. Nivel de desempeño (% de aciertos) medio (\pm error estándar) de cada perfil de formación (v. tabla 1) a lo largo del cuestionario completo.

Estos resultados van en la dirección de lo obtenidos en cada una de las preguntas planteadas y de nuevo indican que la formación durante el Grado de Educación y la elección de Grado (científico vs no científico) influye más en el nivel de desempeño que el tipo de bachillerato cursado. En este sentido, el nivel de desempeño de los/as estudiantes de 1º del Grado científico fue similar al de los/as de 3^{er} curso del Grado de Educación (Gráfico 5, tabla 1).

TABLA 4. Resultados del t-test pareado que compara el nivel de desempeño a lo largo del cuestionario de distintos perfiles de formación.

| Perfil | A | B | C |
|--------|-------------------------|-------------------------|------------------|
| B | t=2,12; p=0,12 | | |
| C | t=-7,74; p=0,004 | | |
| D | | t=-3,16; p=0,051 | t=-0,27; p=0,802 |

Fuente: elaboración propia

4. CONCLUSIONES

Tanto en los/as estudiantes del Grado de Educación como del Grado científico se mantiene un conocimiento fragmentado en el que conviven ideas preconcebidas con el modelo científico. En este estudio se han detectado varias concepciones alternativas sobre la nutrición vegetal y las relaciones tróficas. La mayoría de estudiantes participantes en el estudio mostró dificultades para distinguir correctamente entre funciones animales y vegetales o bien una tendencia a obviar que las plantas también respiran e incorporan O₂ a su metabolismo. A pesar de que globalmente se detectó una correcta comprensión de la función de las hojas en la nutrición vegetal, una minoría de estudiantes mantuvo el error conceptual típico que consiste en pensar que únicamente las raíces intervienen en la nutrición de las plantas. Todo ello contribuye probablemente al hecho de que alrededor de la mitad de estudiantes no identificara a las plantas como base de todas las cadenas tróficas o como productores de oxígeno, lo que implicaría un importante obstáculo a la hora de valorar la relevancia de la conservación de los organismos vegetales frente a los problemas ecológicos actuales y sus consecuencias. Por último, los resultados muestran que el problema para realizar la progresión de la comprensión del concepto de cadena trófica a red trófica persiste hasta la educación universitaria, como ha sido demostrado por otros estudios (Webb y Bolt, 1990). En uno de los perfiles de formación analizados en este estudio el porcentaje de estudiantes que consideró el concepto de red trófica llegó a ser incluso del 2%. Al mantener este conocimiento incompleto de la dimensión de las relaciones de interdependencia entre especies, este hecho podría suponer una dificultad importante a la hora de abordar las consecuencias de la pérdida de biodiversidad y de las extinciones en el aula de Primaria por parte de futuros/as maestros/as.

Las concepciones alternativas detectadas en este estudio durante la enseñanza universitaria coinciden en buena medida con las que muestra el alumnado durante la educación primaria y secundaria (Griffiths y Grant, 1985; Webb y Bolt, 1990; Leeds National Curriculum Science Support Project, 1992; Leach et al., 1996; Driver et al., 1999; Ozay y Oztas, 2003; Charrier et al., 2006; Lin y Hu, 2010; Özata y Özkan, 2015; Thorn et al., 2016; Allen, 2010, 2017; AAAS Project, 2061). Aunque la frecuencia de aparición de dichas concepciones disminuye con el tiempo, el porcentaje de estudiantes que las mantiene es aún relevante (hasta tres cuartas partes en este estudio para el caso de la red trófica) por lo que se deduce que la formación recibida durante el bachillerato no parece mejorar la comprensión de los conceptos ecológicos estudiados. Es más, los resultados

muestran que ni siquiera cursar la modalidad de bachillerato científico contribuye a disminuir la presencia de las concepciones alternativas.

Este estudio por tanto confirma los resultados de estudios previos que indican que la instrucción recibida durante la educación secundaria no consigue superar las concepciones alternativas acerca de la nutrición vegetal y las relaciones tróficas (Anderson et al., 1990, Ozay y Oztas, 2003, Lin y Hu, 2010, Butler et al., 2015). Los motivos por los que la formación recibida durante esta etapa no resulta eficiente pueden ser varios. Finley et al. (1985) demostraron que buena parte del conocimiento adquirido se olvida cuando se adquiere a base de esfuerzos memorísticos para aprobar los exámenes. Todo ello pone en evidencia la necesidad de implementar cambios metodológicos en la etapa de secundaria y bachillerato para un aprendizaje más significativo centrado en la comprensión de los conceptos y procesos clave de cada área de conocimiento, incluso cuando ésta no sea central en la modalidad elegida. Por ejemplo, en el caso de la ecología, a pesar de no cursar bachillerato científico, la educación durante la ESO debería garantizar el afianzamiento de ideas básicas respecto a las funciones vegetales y las relaciones tróficas ya que éstas permiten interpretar problemas ambientales que afectan e implican al conjunto de la ciudadanía. En este sentido desde el punto de vista metodológico sería útil abordar las concepciones científicas aquí tratadas a partir del aprendizaje basado en problemas ambientales concretos (deforestación, cambio climático, etc.). Este enfoque metodológico permitiría por un lado mejorar la motivación y el interés del futuro profesorado hacia los contenidos científicos y por otro hacer evolucionar las ideas alternativas documentadas en este y otros estudios en un contexto que dotaría de significado a los conceptos abordados.

Sorprendentemente, a pesar de haber recibido una formación similar durante el bachillerato científico y ninguna formación universitaria en biología en el momento del estudio, el alumnado del Grado científico demostró un conocimiento científico más profundo de los conceptos ecológicos estudiados que el alumnado del Grado de Educación Primaria. Ello sugiere que además de la formación pre-universitaria otros factores pueden determinar la comprensión de los conceptos científicos. Una posible explicación podría ser la existencia de un mayor grado de motivación e interés por la ciencia en el alumnado que elige Grados científicos y una consiguiente mayor adquisición de información científica por otras vías diferentes a la educación formal. Si esto fuera así, en este sentido parece recomendable fomentar (junto con la comprensión profunda de los conceptos ecológicos), una correcta actitud hacia la ciencia durante la Educación Secundaria con el fin de lograr una alfabetización ecológica básica que permita abordar y comprender los problemas ecológicos más presentes en la vida cotidiana.

El alto nivel de permanencia de concepciones alternativas sobre conceptos ecológicos en futuros/as maestros/as representa un problema en la medida en que contribuyen al mantenimiento de las mismas ideas preconcebidas en el alumnado (Butler et al., 2015). Dada la importancia de la comprensión de los conceptos y procesos ecológicos para la toma de decisiones frente a los problemas ambientales actuales, se considera imprescindible la mejora de las prácticas docentes durante la Educación Secundaria y los Grados de Educación con el fin de proporcionar una correcta alfabetización ecológica al futuro profesorado y en último término a la ciudadanía del futuro.

Referencias

- American Association for the Advancement of Science (2018). AAAS Science Assessment Project 2061. Recuperado de <http://assessment.aaas.org/topics> [20 de julio de 2018].
- Abd-El-Khalick, F. (2013). Teaching With and About Nature of Science, and Science Teacher Knowledge Domains. *Science & Education* 22(9), 2087-2107. DOI: 10.1007/s11191-012-9520-2
- Allen, M. (2010). *Misconceptions In Primary Science*, McGraw-Hill Education.

- Allen, M. (2017). Early Understandings of Simple Food Chains: A Learning Progression for the Preschool Years. *International Journal of Science Education*, 39(11), 1485-1510. DOI: 10.1080/09500693.2017.1336809
- Akçay, S. (2017). Prospective Elementary Science Teachers' Understanding of Photosynthesis and Cellular Respiration in the Context of Multiple Biological Levels as Nested Systems. *Journal of Biological Education*, 51(1), 52-65. DOI: 10.1080/00219266.2016.1170067
- Anderson, C. W., Sheldon, T. H. y Dubay, J. (1990). The Effects of Instruction on College Nonmajors' Conceptions of Respiration and Photosynthesis. *Journal of Research in Science Teaching*, 27: 761-776. DOI:10.1002/tea.3660270806
- Ashlie, M. B., Macnall, R. y Wymer, C. L. (2012). Energy Flow through an Ecosystem: Conceptions of In-service Elementary and Middle School Teachers. *International Journal of Biology Education*, 2(1), 2-18.
- Astudillo-Pombo, H. y Gené, A. (1984). Errores Conceptuales en Biología. La Fotosíntesis de las Plantas Verdes. *Enseñanza de las ciencias*, 2(1), 15-16.
- Brown, M. H. y Schwartz, R. S. (2009). Connecting Photosynthesis and Cellular Respiration: Preservice Teachers' Conceptions. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(7), 791-812. DOI:10.1002/tea.20287
- Butler, J., Mooney Simmie, G. y O'Grady, A. (2015). An Investigation into the Prevalence of Ecological Misconceptions in Upper Secondary Students and implications for pre-service teacher education, *European Journal of Teacher Education*, 38(3), 300-319, DOI: 10.1080/02619768.2014.943394
- Cakiroglu, J. y Boone, W. J. (2002). Preservice Elementary Teachers' Self-Efficacy Beliefs and Their Conceptions of Photosynthesis and Inheritance. *Journal of Elementary Science Education*, 14(1), 1-14. DOI: 10.1007/bf03174733
- Charrier, M., Cañal, P. y Rodrigo, M. (2006). Las Concepciones de los/as Estudiantes sobre la Fotosíntesis y la Respiración: una Revisión sobre la Investigación Didáctica en el Campo de la Enseñanza y el Aprendizaje de la Nutrición de las Plantas. *Enseñanza de las ciencias*, 24(3), 401-410.
- Driver, R., Guesne, E. y Tiberghien, A. (1999). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: Morata.
- Finley, F. N., Stewart, J. y Yaroch, W. L. (1982). Teachers' Perceptions of Important and Difficult Science Content. *Science Education*, 66, 531-538. DOI:10.1002/sce.3730660404
- Gallegos, L., Jerezano, M. E. y Flores, F. (1994). Preconceptions and Relations Used by Children in the Construction of Food Chains. *Journal of Research in Science Teaching*, 31 (3), 259-272.
- Gess-Newsome, J. (1999). Expanding Questions and Extending Implications: A Response to the Paper Set. *Science Education*, 83(3), 385-391.
- Gil-Pérez, D. (1991). ¿Qué Hemos de Saber y Saber Hacer los Profesores de Ciencias? *Enseñanza de las ciencias*, 9(1), 69-77.
- Griffiths, A. y Grant, B. (1985). High School Sstudents' Understanding of Food Webs: Identification of a Learning Hierarchy and Related Misconceptions. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(5), 421-436.
- Jordan, R., Grey, S. y Demeter, M. (2009). An Assessment of Students' Understanding of Ecosystem Concepts: Conflating Ecological Systems and Cycles. *Applied Environmental Education and Communication An International Journal*, 8, 40-48. DOI: 10.1080/15330150902953472
- Kahoot! (2012). Kahoot! (3.0.2) [Aplicación de móvil]. Obtenido de <https://kahoot.it/>
- Leach, J., Driver, R., Scott, P. y Wood-Robinson, C. (1996). Children's Ideas about Eecology 2: Ideas Found in Children Aged 5-16 about the Cycling of Matter, *International Journal of Science Education*, 18(1), 19-34.

- Leeds National Curriculum Science Support Project (LNCSSP) (1992). *Children's ideas about ecosystems*. Research summary.
- Lin, C. Y. y Hu, R. (2010). Students' Understanding of Energy Flow and Matter Cycling in the Context of the Food Chain, Photosynthesis, and Respiration." *International Journal of Science Education*, 25(12), 1529-1544. DOI: 10.1080/0950069032000052045
- Munson, B. H. (1994). Ecological Misconceptions. *Journal of Environmental Education*, 25(4), 30-34.
- Özata, E. y Özkan, M. (2015). Determination of Secondary School Student's Cognitive Structure, and Misconception in Ecological Concepts Through Word Association test. *Educational Research and Reviews*, 10(5), 660-674.
- Ozay, E. y Oztas, H. (2003). Secondary Students' Interpretations of Photosynthesis and Plant Nutrition. *Journal of Biological Education*, 37(2), 68-70. DOI: 10.1080/00219266.2003.9655853
- Rychen, D. y Salganik, L. H. (2006). *Las competencias clave para el bienestar personal, social y económico*. Archidona. Málaga, Ediciones Aljibe.
- Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15, 4-14.
- Thorn, C. J., Bissinger, K., Thorn, S. y Bogner, F. X. (2016). Trees Live on Soil and Sunshine! - Coexistence of Scientific and Alternative Conception of Tree Assimilation, *PLOS ONE* (11)1, e0147802. DOI:10.1371/journal.pone.0147802
- Webb, P. y Boltt, G. (1990). Food Chain to Food Web: a Natural Progression? *Journal of Biological Education*, 24(3), 187-190.

CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO

Caño, L. (2019). Concepciones sobre nutrición vegetal y relaciones tróficas en función del bagaje educativo: implicaciones para el futuro profesorado. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 37, 89-106. DOI: 10.7203/DCES.37.13285

